

苏锡常城市群土地利用冲突空间测度及异质性分析

邱国强^{1,3}, 牛潜¹, 吴振华², 郭珊珊¹, 秦琳¹, 汪应宏³

(1.中国矿业大学 公共管理学院, 江苏 徐州 221116; 2.中国矿业大学 经济管理学院,
江苏 徐州 221116; 3.中国矿业大学 江苏省资源环境信息工程重点实验室, 江苏 徐州 221116)

摘要:为了探究城镇建设用地扩张对土地利用冲突的影响,以城镇化水平快速提高的苏锡常地区为例,基于 1990—2018 年土地利用分类数据,采用景观风险评价方法,通过计算空间的外部压力、脆弱性及稳定性指数构建土地利用冲突综合测度模型,借鉴倒“U”型理论,将空间冲突分为稳定可控、基本可控、基本失控和严重失控 4 种类型,对苏锡常地区空间冲突水平进行了评估。结果表明:(1)近 30 年来,苏锡常地区整体空间冲突水平以可控类型为主,但冲突强度呈现上升趋势,1990—2018 年平均冲突指数由 0.269 增长至 0.418,近 1.55 倍;(2)不同用地类型的空间冲突强度存在差异,林草地和水域空间冲突水平较低,建设用地空间冲突水平最高且失控类型在 1990—2018 年提升了 14.3%,有进一步激化扩散趋势;(3)土地利用冲突存在空间相互关系,高一高值在苏、锡、常市中心区及江阴、张家港、常熟、昆山市集聚,低—低值则主要分布在西部溧阳市山地及水域周边。研究结果可为有效识别苏锡常地区土地利用冲突,优化区域发展模式提供理论参考。

关键词:空间冲突;景观指数;冲突测度模型;苏锡常城市群

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2022)04-0400-07

Spatial Evaluate and Heterogeneity Analysis of Land Use Conflict in Su-Xi-Chang Urban Agglomeration

QIU Guoqiang^{1,3}, NIU Qian¹, WU Zhenhua², GUO Shanshan¹, QIN Lin¹, WANG Yinghong³

(1.School of Public Administration, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221116, China; 2.School of Economics and Management, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221116, China; 3.Jiangsu Key Laboratory of Resources and Environmental Information Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221116, China)

Abstract: In order to explore the impact of urban construction land expansion on land use conflict, Su-Xi-Chang urban agglomeration was taken as the research area to analyze the temporal and spatial characteristics of land use conflict by calculating indices of the spatial external pressure, vulnerability and stability. Based on the inverted ‘U-shaped’ theory, space conflicts were classified into four types: stable control, basic control, basic out of control and serious out of control. The results show that: (1) over the past 30 years, the overall level of spatial conflict in Su-Xi-Chang area was in a controllable state, but the intensity of conflict showed an upward trend, with the average conflict index increasing from 0.269 in 1990 to 0.418 in 2018, nearly 1.55 times; (2) there were differences in spatial conflict intensity among different land use types; specifically, the spatial conflict level of forest, grassland and water area was low, while that of construction land was high and the state of out of control increased by 14.3% during the study period, showing a trend of further intensification and diffusion; (3) there was a spatial correlation between land use conflicts; the high-value areas concentrated in the central areas of Suzhou, Wuxi and Changzhou, as well as Jiangyin, Zhangjiagang, Chongshu and Kunshan, while the low-value areas mainly distributed in the mountains and waters of Liyang City. This study can provide theoretical reference for effectively identifying land use conflicts and optimizing

收稿日期:2021-08-30

修回日期:2021-09-10

资助项目:国家自然科学基金(51874307);江苏省研究生科研与实践创新计划项目(KYCX21_2110);中央高校基本科研业务费专项资金(2021QN1058)

第一作者:邱国强(1997—),男,河南信阳人,硕士研究生,研究方向为资源环境与土地变化。E-mail:qiugq@cumt.edu.cn

通信作者:汪应宏(1967—),男,安徽太湖人,教授,博士生导师,研究方向为土地经济学。E-mail:wyh3337@163.com

regional development patterns in Su-Xi-Chang urban agglomeration.

Keywords: space conflict; landscape index; conflict measure model; Su-Xi-Chang urban agglomeration

土地利用冲突是指各利益相关者,由于具有不同利用目标对土地利用的方式、数量等方面的不一致、不和谐,以及各种土地利用方式与环境方面的矛盾状态^[1]。当前我国正处在工业化与城镇化快速推进、乡镇村空间转型发展迫切的多重背景下^[2-3],生态环境遭到不断恶化,土地利用冲突愈发明显。为了获取巨大经济利益,加快土地开垦、扩张城镇建设用地等土地利用竞争性行为会导致土地空间压力增加、景观生态稳定性降低、空间扰动性增强等一系列现象。在经济发展新常态和建设“美丽中国”的要求下,如何稳定区域土地利用空间结构,科学化解土地利用冲突矛盾,优化空间资源配置成为当前学者们的研究重点。

有关土地利用冲突概念雏形最早出现在 20 世纪 80 年代的英国乡村协会上,将“土地管理、土地利用关系与冲突”作为城市边缘区学术讨论会的 5 个主题之一^[4],从此国外学者们展开了对土地利用冲突及相关内容的研究热潮,涵盖了冲突的来源^[5]、类型^[6]、识别^[7]、演变^[8]及管理^[9]5 个方面。我国学者们对于土地利用冲突相关问题从 2001 年中国林业科学院召开的“自然资源管理和利用中的冲突管理方法”专题研讨会后开始了广泛而深入的研究。研究尺度上,涵盖了国家、省、城市群、市域及矿区、县域等多个方面^[10-11]。从土地利用冲突的表现形式上来看,主要有社会经济转型及城镇化导致的资源与环境冲突^[12-13]、针对同一地块不同用地方式的竞争^[14]、土地生态系统空间格局遭到破坏而引发的生态风险冲突^[15]等。针对不同种类的土地利用冲突所采用的识别方法也存在差异,目前主要研究方法以定量分析为主包括多目标评价法^[16-17]、非合作博弈法^[18]、地图因子叠加法^[19]、景观格局分析^[20]等。由于景观格局分析是基于景观指数采用数学建模的方法,能够准确识别冲突位置,揭示土地利用空间冲突特征,而受到了广泛关注。学者们大多从快速城镇化地区出发,研究尺度上有长株潭城市群^[15]等宏观尺度或福建省平潭岛^[21]等中小尺度,通过以景观指数表征的“外部压力+脆弱性-稳定性”来实现土地利用冲突的综合测度。尽管关于土地利用冲突的研究愈加受到学界重视,当前有关区域冲突的空间关系判定仍以传统的增减量和数理统计为主,缺乏对于空间分异的研究,因此切实加强了对区域内部的异质性和复杂关系分析,以因地制宜制定土地利用管控政策,对协调区域空间结构有着重要意义。

近 30 年来,苏锡常地区从我国传统粮食主产区转型为高度集聚的城镇化地区,人口大量积聚、资源环境利用紧张、区域生态环境风险剧增、土地利用冲突现象显著,随着长三角区域一体化发展规划逐步上升为我国的国家重大战略,苏锡常地区可视为中国典型的快速城镇化地区代表。基于上述分析,本文以城乡融合化迅速发展、生态建设快速推进、土地利用面临严峻挑战的江苏省苏锡常城市群为例。基于景观格局指数构建土地利用冲突指数综合测度模型,对该地区 1990—2018 年的土地利用空间冲突进行定量分析,采用空间自相关分析法,识别不同冲突高、低值单元对邻近单元的集聚和离散效应。对不同时期不同土地利用类型冲突结果进行分级分析,为区域生态环境保护、土地资源利用与规划提供决策参考。

1 研究区概况及数据来源

1.1 研究区概况

苏锡常地区(30°46'—32°04'N, 119°08'—121°15'E)地处长江下游冲击平原,包含了苏州、无锡和常州 3 个市共计 22 个区县行政单元。作为长江三角洲核心区域,苏锡常地区地势平坦,地理位置优越,生态系统类型复杂多样。截至 2018 年底,苏锡常城市群土地总面积为 1 765 692.58 hm²,其中农用地 711 499.86 hm²,建设用地 481 278.6 hm²,分别占土地总面积的 40.30%和 27.26%。该地区拥有众多河流水系,大部分地方河道纵横,尤其以东部太湖平原地区最为密集;作为典型的平原河网地区,同时也是中国传统粮食高产地区,拥有着大面积高产农田耕地;森林则主要在西部茅山和南部的天目山余脉附近聚集。近些年来,苏锡常地区经济发展迅速,苏锡常都市圈作为江苏省三大城市群,以全省约 17%的国土面积,实现了约 40%的 GDP 和地方政府财政收入。截至 2018 年底,地区常住人口已超 2 200 万人,平均人口密度约为全国人口密度的 8 倍。经济发展和人口压力下,区域土地利用结构和空间分布发生了巨大变化,地区城市化进程迅猛,1990—2018 年建设用地比重从 7.52%上涨到 27.60%,部分地区土地开发利用程度过高,对全省生态文明建设和可持续发展构成了威胁。

1.2 数据来源

本文研究数据主要包括 1990 年、2000 年、2010 年及 2018 年遥感影像数据,国家基础地理信息中心 1:25 万数据库的行政边界、基础地理信息数据,以

及苏锡常地区统计年鉴、政府公报等数据。其中遥感影像数据来源于美国国家航空航天局地球科学数据中心 (<https://earthdata.nasa.gov/>), 主要包含 Landsat TM/ETM/OLI 系列产品, 行列号为 118, 119, 120/28, 空间分辨率为 30 m, 云量均 $<0.1\%$, 经过图像镶嵌、裁剪、几何矫正等处理后, 通过人机交互目视解译及实地验证, 采用《全国遥感监测土地利用/覆盖分类体系》(LUCC) 分类系统, 将全部的土地利用类型分为建设用地、耕地、林地、草地、水域及未利用地 6 大类。影像分辨率为 30 m, Kappa 检验系数均在 85% 以上, 符合文章的研究要求, 以 1990 年、2018 年苏锡常地区土地利用类型为例, 见图 1。文中所有的空间地理数据均采用 Albers Conical Equal Area 投影坐标系, GCS_WGS_1984 地理坐标系, 基准面为 D_WGS_1984。

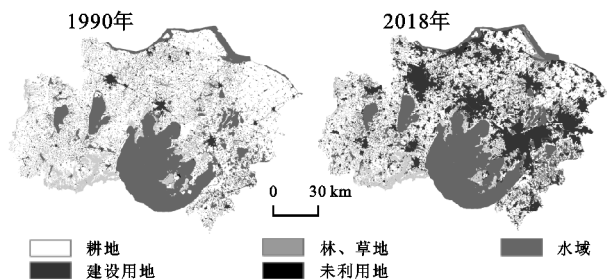


图1 苏锡常地区 1990—2018 年土地利用

2 研究方法

2.1 土地利用空间冲突测度指数构建

由于土地利用空间冲突的实质就是以土地利用空间冲突为缩影的各种利益矛盾和多种土地利用类型或者功能的演变^[22]。而土地利用系统同时也具有复杂性、脆弱性和动态性等特点^[23], 因此土地利用空间冲突需要从系统复杂性、脆弱性及动态性 3 个方面进行测算。苏锡常地区作为典型的快速城镇化地区城市群, 为避免研究区区域空间单元过于破碎化, 考虑到研究范围、空间分辨率、空间斑块和数据类型等多种因素的影响, 本文参考彭佳捷等^[15]的空间单元选择方法, 选择 $2\,500\text{ m} \times 2\,500\text{ m}$ 的空间网格作为评估基本单元。通过计算各个空间单元内的相关景观生态指数, 定量评价各空间单元冲突指数。参考以往的研究, 在城市化进程中的空间冲突综合指数水平可表示为:

$$SCCI = CI + FI - SI \quad (1)$$

式中: SCCI 为土地利用空间冲突综合指数; CI, FI, SI 分别为空间冲突复杂性指数、空间脆弱性指数以及空间稳定性指数。各项指数均借鉴生态风险评估概念模型及景观生态指数的方法, 从景观生态学的角度对区域内的空间单元冲突水平进行定量测度。

2.1.1 空间复杂性指数(CI) 城镇化的快速推进使

得土地利用变得更加复杂和破碎, 导致了土地利用效率的低下和空间冲突的加剧。借用景观生态指数中的面积加权平均斑块分形指数(AWMPFD), 用来反映景观斑块的空间复杂性, 即邻域景观对当前空间景观单元的干扰影响程度。一般来说, 分维指数越大则表明景观斑块边界越复杂, 受人类活动干扰较小, 而受人类活动影响大的地区分值较低。

$$CI = AWMPFD = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left[\frac{2 \ln(0.25 P_{ij})}{\ln(a_{ij})} \left(\frac{a_{ij}}{A} \right) \right] \quad (2)$$

式中: P_{ij} 为斑块周长; a_{ij} 为斑块的面积; A 为景观中的空间单元总面积; m 为研究区内评价单元总数目; n 为土地利用类型的数目; $1 \leq AWMPFD \leq 2$ 。

2.1.2 空间脆弱性指数(FI) 脆弱性指数反映了土地评价单元的暴露状况。由于作为风险受体的各个斑块土地利用类型不同, 其对于外部压力的响应程度也存在差异。在不同阶段土地利用类型对于外界干扰的抵抗能力如维持生态系统稳定、保护生物多样性以及完善生态系统整体结构等方面也有着很大差别。为了反映土地利用空间单元对来自外部压力和土地利用过程的响应差异, 可用土地利用系统脆弱度—空间脆弱度指数(FI)来表示。

$$FI = \sum_{i=1}^n F_i \times \frac{a_i}{S} \quad (n=6) \quad (3)$$

式中: F_i 为各类景观脆弱性指数; a_i 为单元内各类景观的面积; S 为景观中的空间单元总面积; n 为空间土地利用类型总数。 F_i 的具体计算方法见参考文献^[15], 景观脆弱度由强到弱依次为建设用地 = 5; 水域 = 4; 耕地 = 3; 林草地 = 2; 未利用地 = 1。

2.1.3 空间稳定性指数(SI) 土地利用空间冲突对于区域景观格局的最主要影响就是使得景观斑块破碎化, 点状空间的集聚与密度增加、线状空间的扩散与网络化, 进而导致面状空间被分割。由于斑块密度能够显示出在一定区域内部景观的破碎程度, 斑块密度越大, 表明区域内部的景观破碎程度越大, 区域生物多样性和生态系统稳定性越低。因此, 可以借鉴景观指数中的斑块密度, 从负面反映区域景观的稳定性。

$$SI = 1 - PD \quad PD = \frac{n_i}{A} \quad (4)$$

式中: PD 为斑块密度; n_i 为各个空间单元内第 i 类空间类型的斑块数目; A 为各空间单元的面积。

为了计算方便, 将(1)—(4)中的各个数值线性标准化到(0, 1)范围内, 以便后续空间冲突指数测算。参考周国华等^[24]的倒“U”型空间冲突轨迹模型, 根据研究区空间冲突指数的累积频率曲线分布特征结合等间距法, 将土地利用空间冲突指数分为稳定可控

(0.0,0.35)、基本可控[0.35,0.7)、基本失控[0.7,0.9)和严重失控[0.9,1)共 4 个空间冲突评价区间。

2.2 空间自相关分析

土地利用冲突作为典型的具有空间分异差异的变量,这种关系可以采用全局和局部空间自相关分析逐一确定。本文通过计算 Moran's I 确定各个要素属性与空间关系的乘积,用以判断空间上的相关性,公式如下:

$$I = \frac{[n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})]}{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}) \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})} \quad (5)$$

$$I_i^{kl} = \frac{X_i - \bar{X}}{\delta} \times \sum_{j=1}^n (W_{ij} \times \frac{X_j - \bar{X}}{\delta}) \quad (6)$$

式中: I 为全局空间自相关系数; I_i^{kl} 表示局部空间自相关系数; X_i 和 X_j 分别表示变量 X 在空间位置 i 和 j 上的取值; \bar{X} 为 n 个位置属性值的平均值; δ 为 X 的方差; W_{ij} 为通用空间邻接矩阵。本文采用 ROOK 空间邻接矩阵。当 $I > 0$ 时,表现为正相关,即为相互增益的协同关系;当 $I < 0$ 时,表现为负相关,即为此消彼长的权衡关系; $I = 0$ 时,表示不存在相关关系。 $I_i^{kl} > 0$ 则表示该区域单元周围的高值或低值在空间上集聚; $I_i^{kl} < 0$ 则表示非相似值在空间上的集聚; $I_i^{kl} = 0$ 时,表示不存在空间上的集聚;根据 I_i^{kl} 值绘制局部空间自相关 LISA 图,其中“高一高”和“低—低”分别为高

值强关联地区和低值强关联地区,即相邻空间单元的协同区域。“高一低”和“低—高”分别表示空间冲突的高值和低值、低值和高值的强关联地区,即相邻空间单元为高一低值、低—高值的权衡区域。不显著地区则为空间上的独立关系区。

3 结果与分析

3.1 土地利用冲突动态特征分析

以 2018 年为例,根据公式(1)—(4) 计算得到苏锡常地区 2018 年各景观生态指数及土地利用冲突指数。空间复杂性指数反映了相邻空间单元对当前空间单元的影响程度,由图 2 可知,2018 年研究区空间复杂性平均值为 0.385,其中低值区域主要在城镇建成区及连片水域范围内集聚;高值区域则主要分布在城镇化影响较小的耕地空间。空间脆弱性指数主要根据土地利用类型进行确定,由高到低依次为建设用地、水域、耕地、林草地和未利用地。研究区空间稳定性指数分布情况和空间复杂性相反,高值在城镇空间和湖泊水域空间集聚,说明在土地开发利用类型难以发生转变的地区其空间稳定性越高。综合三项景观生态指数结果,得到苏锡常地区 2018 年空间冲突指数图发现,城镇化水平对空间冲突的影响显著,在城镇建设用地范围内冲突指数较高,且随着建设用地的扩张在城市边缘地带容易产生峰值。

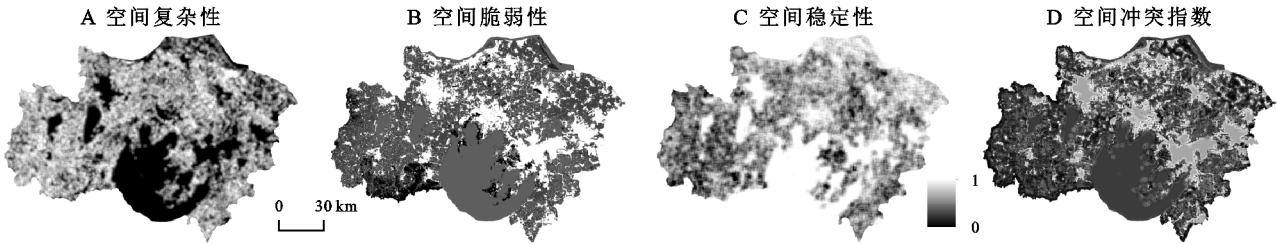


图 2 苏锡常地区 2018 年空间冲突指数类型

按照上述计算方法对苏锡常地区 1990—2018 年不同时期空间冲突指数进行测算(表 1),结果表明:作为典型的经济发展迅速、城镇化进程快速推进的长三角城市群,苏锡常地区空间冲突作用强度总体上呈现出上升趋势,但仍然属于基本可控范围内。1990 年、2000 年、2010 年、2018 年研究区土地利用冲突的平均值为 0.269,0.318,0.407,0.418。研究期间,稳定可控的比重呈现出逐年下降的趋势,但仍维持在 56.37%~81.24%,为整个研究区所有评价空间单元总量一半以上,在一定程度上反映出苏锡常地区总体土地利用协调发展保持在相对稳定的环境中。基本可控类型的评价单元占比在研究期间有所上升,但是上升程度远不及稳定可控下降的比重,同时失控类型(基本失控和严重失控)的空间单元占比呈现出明显的上升趋势,其中严重

失控单元从 1990 年 23 个上涨至 2018 年 68 个,表明苏锡常地区随着生产生活空间的增加,土地利用矛盾开始加剧,并有着逐步扩大的趋势。这些区域应是日后研究区域空间冲突调控的重点关注对象。

为进一步探究苏锡常地区土地利用冲突的内部空间差异,采用 ArcGIS 10.2 对研究区冲突水平进行可视化刻画(图 3)发现:1990—2018 年城镇边缘区域空间冲突指数均较高,且冲突水平由基本可控逐渐上升到严重失控,明显呈现出城镇中心冲突水平基本可控,而城镇周围地带基本失控单元数目增加,严重失控单元逐步扩散的趋势。造成失控地区逐渐向周边扩散的原因主要是由于这些边缘地带为城镇用地与其他用地类型的交界处,对土地资源的竞争关系导致了空间冲突逐渐失控。自 2003 年,江苏省正式确定

苏锡常都市圈的重大战略后,研究区工业产业园地大规模建设,人类活动对生态系统干扰持续增强,导致空间冲突加剧。至 2010 年,大量处于可控区间的空间单元演变成了基本失控的空间单元,主要集中在苏锡常都市圈核心区域的周边地区。同时,受城镇化迅速扩张和上海地区的影响,东部的昆山、太仓、常熟和

张家港地区,基本失控的空间单元快速扩散,在空间分布上有着向苏锡常城市中心汇合之势。截至 2018 年可控级别范围内的空间单元分布进一步萎缩,严重失控空间单元逐步扩散,表明苏锡常地区在近 18 年内的冲突程度不断加剧,且失控面积在不断蔓延,由 2000 年的 7.36% 增加到 2018 年的 17.01%。

表 1 1990—2018 年苏锡常地区的空间冲突指数测度结果统计

变化程度	分级标准	空间单元个数/个				空间单元百分比/%			
		1990 年	2000 年	2010 年	2018 年	1990 年	2000 年	2010 年	2018 年
稳定可控	0.0~0.35	2417	2165	1757	1677	81.24	72.77	59.06	56.37
基本可控	0.35~0.7	434	591	737	794	14.59	19.87	24.77	26.69
基本失控	0.7~0.9	101	179	420	438	3.39	6.02	14.12	14.72
严重失控	0.9~1.0	23	40	61	68	0.77	1.34	2.05	2.29
总计		2975	2975	2975	2975	100.00	100.00	100.00	100.00
冲突平均值		0.269	0.318	0.407	0.418				

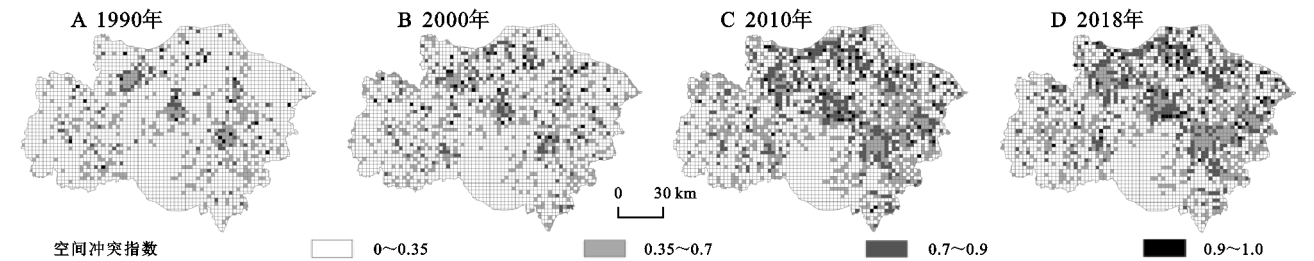


图 3 苏锡常地区 1990—2018 年空间冲突指数变化

3.2 土地利用冲突空间分异特征分析

对研究区 1990—2018 年 5 种不同土地利用类型分别进行空间冲突水平测度,统计结果发现(图 4),不同土地利用类型冲突水平在空间构成上存在一定的差异。

耕地类型的空间冲突以可控级别为主,其中稳定可控和基本可控两个等级比重均达到 80% 以上。研究期间,稳定可控级别由 1990 年的 83.98% 逐年下降到 2018 年的 54.59%,其余 3 种级别均实现了不同程度的增加,其中基本可控级别上升了 13.06%,基本失控级别上升了 14.5%,严重失控比重在 1990—2010 年稍有上升,2010—2018 年则维持在同一水平。结果表明耕地空间受城镇化进程影响严重,随着人类活动影响的不断增强,尤其是建设用地的扩张,导致景观破碎程度增加,空间格局稳定性不断下降,空间冲突水平开始提高。

建设用地空间冲突水平和耕地空间相似,可控级别仍占主导地位。1990—2010 年稳定可控级别下降 25.19%,2010—2018 年则基本保持不变;28 年来苏锡常地区建设用地空间中有较大部分比例的稳定可控空间单元向基本可控和基本失控单元进行转变;严重失控级别在 1990—2010 年提升了 2.63%,2010—2018 年则下降了 0.87%。总体来看,研究区失控空间单元从 1990 年的 3.99% 上升至 2018 年的

18.29%。其原因主要是苏锡常地区随着长三角地区区域一体化的政策推进,土地利用结构剧烈变化,空间脆弱性指数相对较低,同时建设用地的集聚化导致了景观破碎程度的降低,使得区域失控型空间单元有着进一步发展和激化的趋势。因此,针对建设用地扩张的管控是缓解空间冲突的重点所在。

林草地的空间冲突级别变化幅度较小,以稳定可控类型为主。研究期间,可控空间单元比重均在 85% 以上,在研究区 5 种土地利用类型中较为稳定。1990—2010 年,稳定可控级别减少了 17.29%,基本失控级别增加了 11.21%,而到了 2018 年,林草地空间景观中出现了基本失控单元向可控单元转变的现象,相比于 2010 年,基本失控单元下降了 2.23%。说明 2010 年以来苏锡常地区的开发建设占用林草地空间较少,生态保护得到了一定程度的重视,使得失控级别得到了控制。

水域空间的可控级别在 5 种土地利用类型中占比最高,均达到 90% 上下,其中稳定可控和基本可控处于一种“此消彼长”的状态,而基本失控单元在 2010 年达到峰值 11.31% 后,在 2018 年又下降至 8.16%。其原因主要有在太湖上游地区实施了严格的环境管制政策,包括“两减、六治、三提升”专项行动方案和“江苏省太湖水污染防治条例”等政府管控,因此苏锡常地区快速城镇化对该类景观空间产生的干扰正逐渐变小。

整体来看,5 种景观类型冲突程度均集中在稳定可控和基本可控两种等级上,建设用地冲突水平最高,其次是耕地,林草地和水域的冲突水平相当。不同土地利用类型的景观指数存在很大差别,抗干扰能力也不同,参考景观生态学的相关研究成果,这主要与土地利用类型所具有的综合生态效益有关。由于

建设用地的人为干扰程度较大,对周边景观破坏程度强,其空间格局变化引发的生态环境影响就相应较高,而在城市群内部核心地段和大面积水域中心区域,由于建设用地抗外界干扰的能力较强加上景观单元的连片分布,其空间冲突水平较四周变低,这在一定程度上证明了研究成果的准确性。

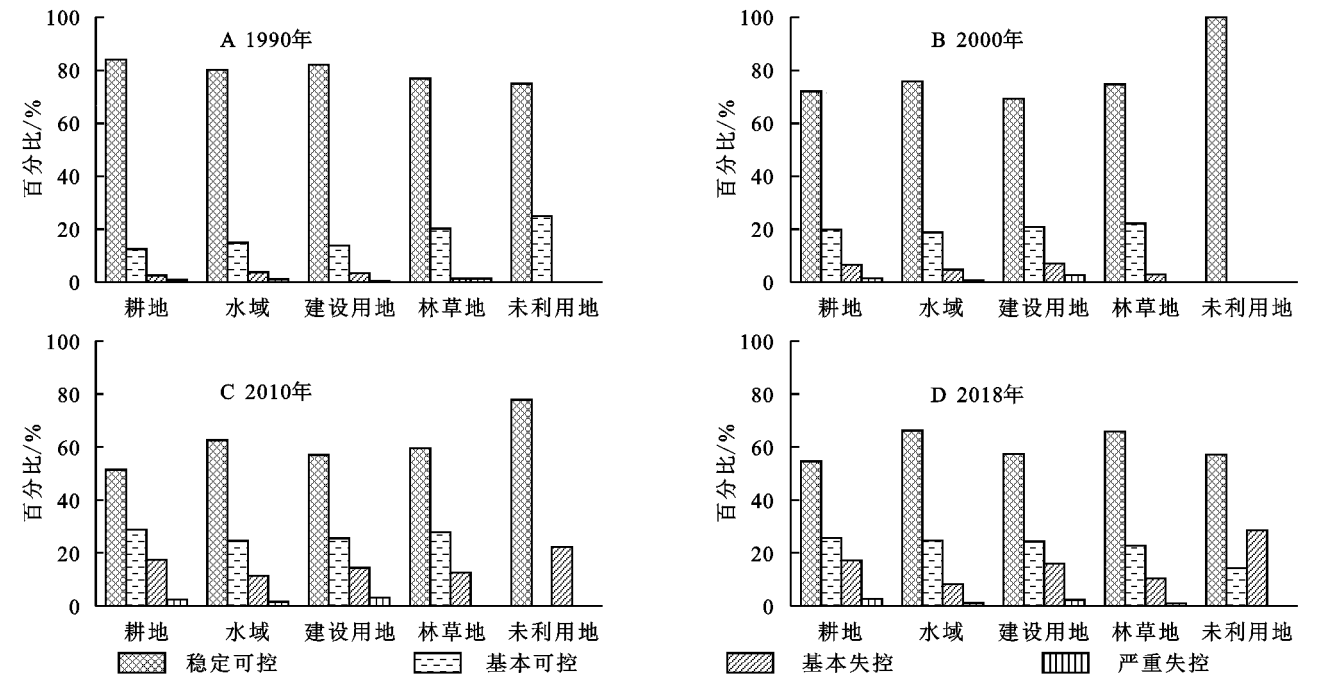


图 4 苏锡常地区 1990—2018 年不同用地空间类型的冲突等级变化

3.3 土地利用冲突空间自相关分析

由于景观格局指数的分布容易受到不同地理因素的制约,土地利用冲突在不同地区、不同地类之间也存在着一定的空间差异性,这种空间关系可以通过全局空间自相关和局部空间自相关分析来逐一确定。对 1990—2018 年空间冲突结果进行空间自相关假设检验(表 2),4 个时期的 p 值均小于 0.01, Z 值得分大于 2.58,表明空间自相关置信检验的结果可靠性强,在置信度水平 99%时,拒绝零假设,即不同单元的空间冲突水平并非呈现随机分布的特点,1990—2018 年苏锡常地区土地利用空间冲突存在空间相互关系。全局 Moran's I 结果显示,不同时期空间冲突相关指数均为正值,且随着时间的推移 Moran's I 有着上升的趋势, Z 值得分也更大,表明空间单元在高值区域有着一定程度的聚类效应,属性值大的区域会形成抱团趋势。

表 2 土地利用冲突全局 Moran's I

年份	p 值	Z 得分	Moran's I
1990	0.001	13.99	0.188
2000	0.001	13.45	0.181
2010	0.001	19.47	0.262
2018	0.001	21.13	0.284

根据空间自相关分析的结果,区域某一属性的空间

演变往往会沿着:均衡、打破均衡、出现空间自相关、形成空间分形自组织的规律。为进一步探究不同等级冲突水平的空间单元与相邻区域的集聚和离散效应,局部空间自相关的 LISA 图见图 5。2000 年之前,苏锡常地区高值区集聚主要分布在苏州市姑苏区、无锡市梁溪区和常州市天宁区。在 2000 年后,在江阴、张家港、常熟及昆山市均出现了明显的集聚现象,说明《长江三角洲城市群发展规划》和江苏省苏锡常城市群发展定位所构建的空间布局对土地利用影响显著。在两个城市的边缘地带同样容易出现空间冲突的高值聚集,如江阴市和张家港市城市中心为不显著或者低—高值区域,而两个地区接壤地带却表现出高一—高集聚,这也与图 3 的分析结果相吻合。对比 4 个年份的冲突高值集聚区域发现,冲突水平有着明显的集聚和上升趋势,高一—高类型空间单元数目显著增加。低值集聚区主要分布于苏锡常地区西部溧阳市部分山地及水域周边,由于这些地区土地通达条件对于城市扩张起到了一定的限制作用,同时远离了上海核心都市圈的辐射,说明土地利用的结构性因素和城镇化水平对于低值集聚区的影响较为明显。总得来看,随着城镇化水平的提升,苏锡常地区城乡统筹化、城市群密集化发展趋势明显,冲突水平趋于高值的均衡状态。

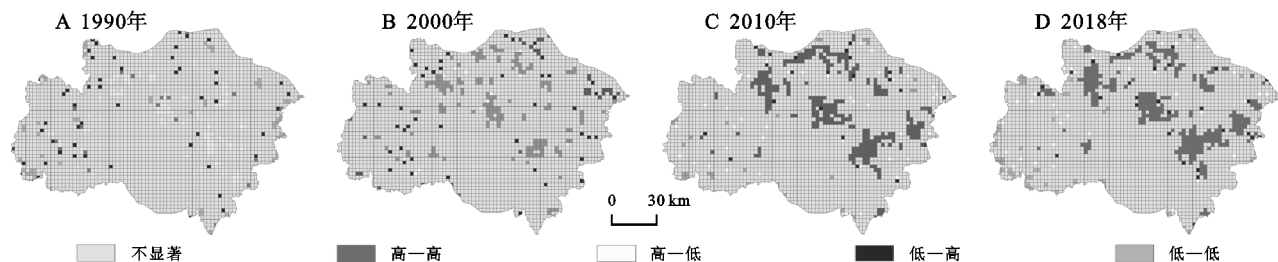


图5 苏锡常地区1990—2018年土地利用空间冲突局部自相关图

4 结论和讨论

4.1 结论

本文从“外部压力+脆弱性-稳定性”的角度出发,通过构建基于景观指数的快速城镇化地区土地利用冲突空间测度模型,对苏锡常都市圈1990—2018年的空间冲突水平进行了定量分析,主要结论如下:

(1) 1990—2018年快速城镇化进程中,苏锡常地区空间冲突作用强度呈现出上升的趋势,但总体上仍以可控范围为主,4个时期比重均在80%以上。在2010年后,基本失控和严重失控级别的空间冲突区域面积开始呈扩散趋势,失控区域开始出现由东北部的昆山、太仓、常熟及张家港地区向西南方向苏锡常核心都市圈合并的现象,空间冲突形势严峻,是政策调控的重点区域。

(2) 不同用地类型的空间冲突存在一定的差异,主要是由于不同开发类型的生态效益差异所导致。5种土地利用类型冲突程度均集中在稳定可控和基本可控两个等级上,但在基本失控和严重失控水平上差异较大。其中,林草地和水域的空间冲突水平较低,以稳定可控类型为主,且在快速城镇化进程中波动幅度较小,主要表现出稳定可控和基本可控类型空间单元“此消彼长”的空间关系,建设用地的冲突水平整体较高,且随着时间的推移失控类型空间冲突单元有着进一步扩散和汇合集聚的趋势。

(3) 苏锡常地区土地利用冲突存在空间相互关系,高一高值地区主要分布在城市中心和两个市区行政单元的接边地带,低值集聚区主要分布于部分山地及水域周边。总的来看,苏锡常地区作为多核城市群,城市群内部行政单元将会打破,开始向单核心发展。

4.2 讨论

本文将景观风险评价方法运用于土地利用冲突研究,应用该模型进行冲突测算具有一定的准确性,但仍达不到精确定量化的程度,进一步分析发现,造成模型估算误差的原因主要有两个方面:(1) 苏锡常城市群用地竞争关系激烈,其空间冲突不仅包括土地利用关系冲突,还涵盖了社会、生态和经济等多种复合冲突。(2) 仅从景观生态角度进行空间测度,缺乏对经济、社会等要素的考虑,相关指数的构建有待进一步完善。

本研究下一步将通过结合指标评价法等不同建模方法将多种影响因素纳入评价系统,并建立调控方案,使得冲突结果更加可靠和全面。同时要深入加强对土地利用冲突作用机理的研究,由于土地利用冲突是复杂的“人—地”关系的结果,要揭示冲突强度的空间关系,需要对土地利用冲突的驱动因素进行定量分析,如探究冲突强度和城镇扩张水平之间的强度关系,及这种数量变化的非线性测度等,进一步提高测算精度。

参考文献:

- [1] 于伯华,吕昌河.土地利用冲突分析:概念与方法[J].地理科学进展,2006,25(3):106-115.
- [2] Liu Y S, Li Y H. Revitalize the world's countryside[J]. Nature, 2017,548(7667):275-277.
- [3] 龙花楼,屠爽爽.论乡村重构[J].地理学报,2017,72(4):563-576.
- [4] 邹利林,刘彦随,王永生.中国土地利用冲突研究进展[J].地理科学进展,2020,39(2):298-309.
- [5] Andrew J S. Potential application of mediation to land use conflicts in small-scale mining[J]. Journal of Cleaner Production, 2003,11(2):117-130.
- [6] Pavón D, Ventura M, Ribas A, et al. Land use change and socio-environmental conflict in the Alt Empordà county (Catalonia, Spain)[J]. Journal of Arid Environments, 2003,54(3):543-552.
- [7] Groot R D. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes[J]. Landscape and Urban Planning, 2005,75(3):175-186.
- [8] Adam Y O, Pretzsch J, Darr D. Land use conflicts in central Sudan: Perception and local coping mechanisms[J]. Land Use Policy, 2015,42:1-6.
- [9] Delgado-matas C, Mola-yudego B, Gritten D, et al. Land use evolution and management under recurrent conflict conditions: Umbundu agroforestry system in the Angolan Highlands[J]. Land Use Policy, 2015,42:460-470.
- [10] 李俏,吴秀芹,王曼曼.荒漠化地区县级潜在土地利用冲突识别[J].北京大学学报:自然科学版,2018,54(3):616-624.
- [11] 周德,徐建春,王莉.近15年来中国土地利用冲突研究进展与展望[J].中国土地科学,2015,29(2):21-29.

- 数据的中国生态状况时空变化特征[J].水土保持研究,2021,28(1):136-142.
- [15] 陈晋,陈云浩,何春阳,等.基于土地覆盖分类的植被覆盖率估算亚像元模型与应用[J].遥感学报,2001(6):416-422,481.
- [16] 王明明,王世杰,白晓永,等.典型小流域喀斯特石漠化演变特征及其关键表征因子与驱动因素[J].生态学报,2019,39(16):6083-6097.
- [17] 张晓伦,甘淑.基于 NDRI 像元二分模型的石漠化信息提取研究[J].新技术新工艺,2014(1):72-75.
- [18] 徐涵秋.利用改进的归一化差异水体指数(MNDWI)提取水体信息的研究[J].遥感学报,2005,9(5):79-85.
- [19] 查勇,倪绍祥,杨山.一种利用 TM 图像自动提取城镇用地信息的有效方法[J].遥感学报,2003(1):37-40,82.
- [20] 刘玉芳,刘定生.利用纹理特征提取城市用地信息方法探索[J].测绘科学,2005(4):46-47.
- [21] 熊康宁.喀斯特石漠化的遥感—GIS 典型研究:以贵州省为例[M].北京:地质出版社,2002.
- [22] 习慧鹏,王世杰,白晓永,等.西南典型喀斯特地区石漠化时空演变特征:以贵州省普定县为例[J].生态学报,2018,38(24):8919-8933.
- [23] 王劲峰,徐成东.地理探测器:原理与展望[J].地理学报,2017,72(1):116-134.
- [24] 裴杰,牛铮,王力,等.基于 Google Earth Engine 云平台的植被覆盖度变化长时间序列遥感监测[J].中国岩溶,2018,37(4):608-616.
- [25] 陈黔,李晓松,修晓敏,等.基于 Google Earth Engine 与机器学习的大尺度 30 m 分辨率沙地灌木覆盖度估算[J].生态学报,2019,39(11):4056-4069.
- [26] 尹林江,周忠发,朱昌丽,等.喀斯特石漠化及土地利用变化的地貌分异特征:以贵州省关岭贞丰花江石漠化综合示范区为例[J].水土保持通报,2020,40(2):43-52.
- [27] 陈进豪,范弢,户红红.滇东海峰岩溶盆地石漠化坡地土壤机械组成和有机碳的变化特征[J].水土保持通报,2020,40(5):39-45.
- [28] 陈金珂,蒲俊兵,李建鸿,等.典型岩溶流域不同坡度等级下的土壤侵蚀与石漠化分布特征耦合分析[J].水土保持研究,2020,27(5):1-9.

(上接第 399 页)

- [33] Gao Y, Jia J J, Lu Yao, et al. Determining dominating control mechanisms of inland water carbon cycling processes and associated gross primary productivity on regional and global scales[J]. Earth-Science Reviews, 2021,213:103497.
- [34] 张继平,刘春兰,郝海广,等.基于 MODIS GPP/NPP 数据的三江源地区草地生态系统碳储量及碳汇量时空变化研究[J].生态环境学报,2015,24(1):8-13.
- [35] Li C, Sun G, Cohen E, et al. Modeling the impacts of urbanization on watershed-scale gross primary productivity and tradeoffs with water yield across the conterminous United States[J]. Journal of Hydrology, 2020,583:124581.

(上接第 406 页)

- [12] 李玉恒,刘彦随.中国城乡发展转型中资源与环境问题解析[J].经济地理,2013,33(1):61-65.
- [13] 刘彦随.中国东部沿海地区乡村转型发展与新农村建设[J].地理学报,2007,62(6):563-570.
- [14] 王秋兵,郑刘平,边振兴,等.沈北新区潜在土地利用冲突识别及其应用[J].农业工程学报,2012,28(15):185-192.
- [15] 彭佳捷,周国华,唐承丽,等.基于生态安全的快速城市化地区空间冲突测度:以长株潭城市群为例[J].自然资源学报,2012,27(9):1507-1519.
- [16] 王检萍,余敦,卢一乾,等.基于“三生”适宜性的县域土地利用冲突识别与分析[J].自然资源学报,2021,36(5):1238-1251.
- [17] 代亚强,陈伟强,高涵,等.基于用地倾向性评价的农村潜在土地利用冲突识别研究:以西峡县东坪村为例[J].长江流域资源与环境,2019,28(10):2410-2418.
- [18] 黄安,许月卿,卢龙辉,等.“生产—生活—生态”空间识别与优化研究进展[J].地理科学进展,2020,39(3):503-518.
- [19] 杨远琴,任平,洪步庭.基于生态安全的三峡库区重庆段土地利用冲突识别[J].长江流域资源与环境,2019,28(2):322-332.
- [20] 蒙古军,江颂,拉巴卓玛,等.基于景观格局的黑河中游土地利用冲突时空分析[J].地理科学,2020,40(9):1553-1562.
- [21] 廖李红,戴文远,陈娟,等.平潭岛快速城市化进程中三生空间冲突分析[J].资源科学,2017,39(10):1823-1833.
- [22] 刘贵利,严奉天,许顺才,等.城市发展中内外空间冲突与协调的战略选择:以石家庄市为例[J].地理研究,2006,25(4):701-709.
- [23] 裴彬,潘韬.土地利用系统动态变化模拟研究进展[J].地理科学进展,2010,29(9):1060-1066.
- [24] 周国华,彭佳捷.空间冲突的演变特征及影响效应:以长株潭城市群为例[J].地理科学进展,2012,31(6):717-723.